蔬果害蟲監測在防治策略上之應用

黃毓斌[1,*] 江明耀[1] 丁柔心[1] 吳孟修[1]

[1]行政院農業委員會農業試驗所應用動物組
[*]通訊作者：YBHUANG@tari.gov.tw

摘要

對於已立足本島之有害生物 (Pest) 而言，因其族群已能適應本島氣候及作物相環境，生物特性藉由遺傳傳遞下來，綿延不斷，因此這些有害生物每年或季節就會出現族群高峰，造成流行性疫病蟲害發生，成為從事農業生產工作者最大之成本，同時亦需花費龐大支出來控制有害生物。然而大部分有害生物經由移動、尋找庇護或介質傳遞後，會重新建立新族群，若無法掌握有害生物之蹤跡，常讓防治資材效率大打折扣，因此研發有害生物之監測技術在植物保護領域更顯重要。藉由電腦資訊之科技進步，可有效管理繁雜之資料，以平面式或立體展現人工所無法顯現之資訊。農試所為有效掌握害蟲之動態資訊，利用地理資訊系統及其他資訊網絡，於全國蔬果栽培區及彰雲嘉南特定旱作區設置密度監測站，並依所採集蟲體數量，以密度指標作為分級管理之策略性行動。建立我國重要蔬果害蟲之地理分布及密度監測資料，能完整有效掌握族群的空間動態及作物被害風險，提供整體果實蠅共同防治以及夜蛾類害蟲密度變化參考，俾利掌握疫情及資材有效利用，大幅提高防治效能，降低化學農藥等之作物生產成本。另結合完整地理定位點之資訊，迅速掌握蟲害空間及寄主水果分布，可藉此評估蟲害發生及損害風險之機率，提升整體防治效能。藉由監測資訊傳遞，讓相關單位可及時掌握最新疫情，採取有效防治手段，同時提供中央至地方共同檢討修正防治策略參酌。另外，除比較各防治區執行效率之優劣，提升農民信心外，對於防治資材分配之公平性、效益性及機動性，均能客觀地加以評估。

關鍵詞：監測、疫情、地理資訊系統。

前言

臺灣常年高溫多濕，農作物栽培管理體系之有害生物種類繁多，常因族群密度增高危害植株，於栽種期或出貨期間影響其品質，進而影響農友之利益。有害生物之管理必須融入整個栽培管理體系，妥善規劃各項監測與預防措施，並對症下藥，以達最佳的防治功效，密度監測為蟲害防治重要工作項目，掌握害蟲族群動態，便能適時採取適當防治措施，以達事半功倍之效。利用電腦地理資訊系統之管理，除監測全省各地密度變化外，且提供為害地區之相關地理位置，確保防治時機，使疫情發生監測能達到預期功效。

針對我國果樹與糧作主要害蟲如東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis* (Hendel))、瓜實蠅 (*Bactrocera cucurbitae* (Coquillett))、斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura* (Fabricius))、甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigua* (Hübner)) 及番茄夜蛾 (*Helicoverpa armigera* (Hübner)) 等，整合百餘個農會之農事人員建立密度監測網，定期發佈蟲害疫情旬報，提供農民預警及適時採行防治措施參酌。更因能迅速掌握蟲害空間及寄主水果分布，可藉此評估蟲害發生及損害風險之機率，提升整體防治效能。另由此資訊傳遞，讓各相關單位掌握最新疫情，採取有效防治手段，同時提供中央至地方共同檢討修正防治策略。本文就密度監測工作執行方式及在蟲害管理上之應用分別加以敘述。

密度監測執行方式

一、 主動監測

1. 選定害蟲種類：影響我國農業生產上之常見蔬果害蟲如東方果實蠅、瓜實蠅、斜紋夜蛾、甜菜夜蛾及番茄夜蛾等。
2. 地點選定：於我國重要蔬果產地或疫災風險地區，以鄉鎮為單位，利用昆蟲誘引劑設置陷阱若干個。
3. 時間間隔：依據害蟲生活史特性，每個月分三旬人工收集資料，定期執行，長期累積資料。

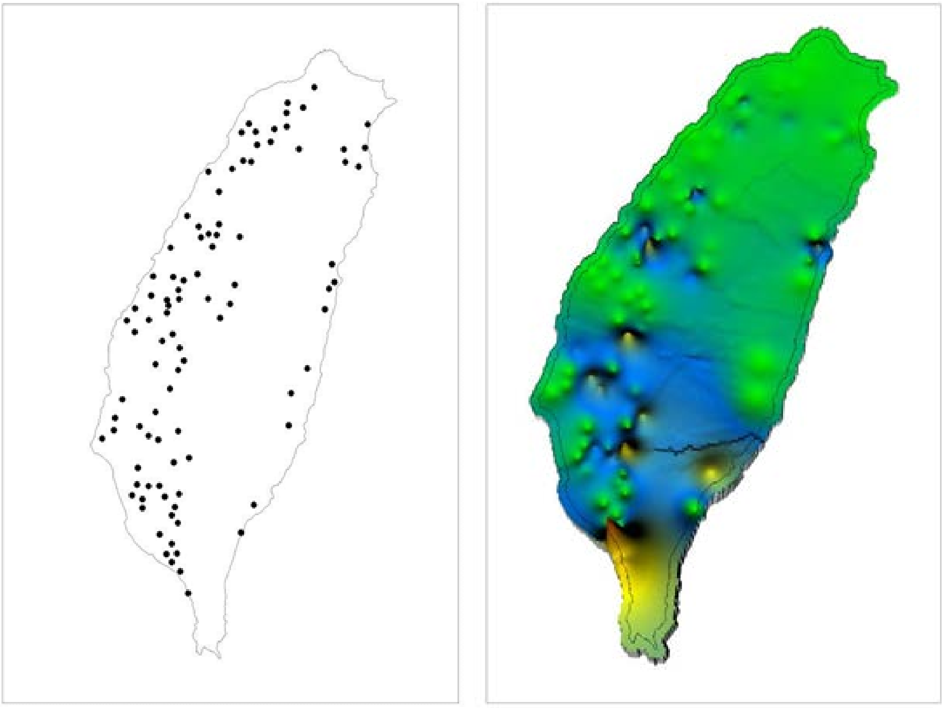


圖 1. 東方果實蠅密度監測點及全島族群分布範例 (5~7 月)。

4. 展示資料：以蟲體寄回或傳真資料，整理統計分析並製圖，以地理資訊系統展示。
5. 資料傳遞：郵寄或電子郵件傳遞至 220 個單位，供農民及農政單位作為蟲害管理時參考依據，並將此資料配合疫情資訊放置於農試所網站 (http://www.tari.gov.tw/) 及農委會開放資料植物疫情管制，供各界下載及加值應用。

以蔬果害蟲密度監測為例，每旬所收集資料顯示可知地理分布上各測定點之相對位置，藉由密度資料之輸入及設定圖例顏色變化，套入數位地圖，即可以展現當期各測定點之位置及密度差異。由其差異可得知在臺灣地區所呈現出密度高低及鄰近地區可能造成疫情之風險，顏色變化亦得知害蟲族群在鄰近地區蠢蠢欲動。害蟲密度監測及被害調查。監測區規劃以個別鄉鎮為單位，每十天完成發行蔬果重要害蟲密度旬報 (如圖 1)。

彰雲嘉南三種夜蛾害蟲密度旬報 (6~11 月，如圖 2)，監測對象為斜紋

夜蛾、甜菜夜蛾及番茄夜蛾之雄成蛾，採用性費洛蒙監測技術，運用性費洛蒙誘引劑搭配專用誘蟲盒，以誘捕雄蛾的數量作為密度變化動態評估之依據。監測工作係彰雲嘉南地區 57 個鄉鎮市農會協助辦理，由農會推廣人員及核心農民於轄區內執行夜蛾害蟲密度監測，監測區規劃以個別鄉鎮為單位。為落實全面監測，監測點涵蓋當地的「主要綠肥及作物區」，監測田區的設置避免集中於鄰近區域，調查週期以旬為單位，每月調查次，並同時進行轄區內綠肥區及重要作物區之害蟲密度機動巡查。年度監測工作執行期間為 6 月至 11 月，部分鄉鎮執行周年性度監測。

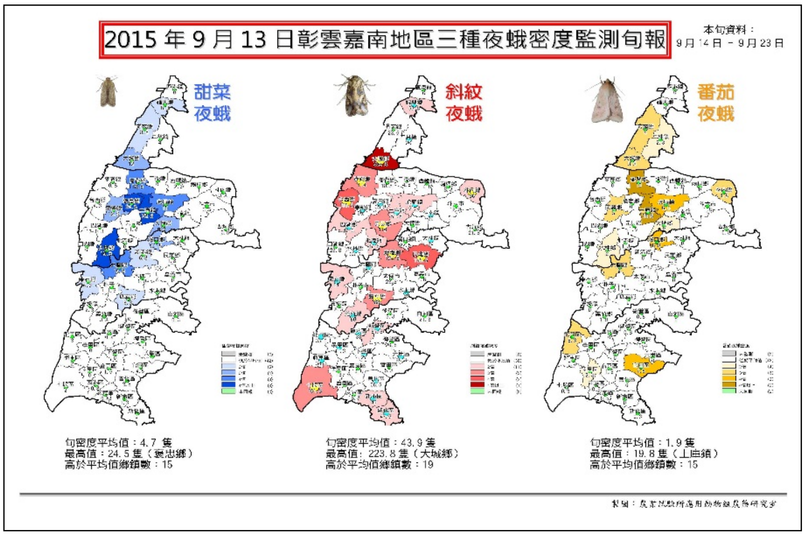


圖 2. 彰雲嘉南三種夜蛾害蟲密度旬報。

二、 機動監測：

監測人員於田間調查時，一併檢視作物產區是否有害蟲危害，如有發現疫災情，立即通知防檢局或農試所安排現場查勘。

鑑往知來

害蟲密度監測為蟲害防治之重要工作項目，即時掌握害蟲族群動態有助於決定防治時機與防治資材用量，適時採取適當防治措施，並能藉此預估經濟損失。藉由實地勘察，更能精準下達決策，若能長期收集資料並分析歸納，在無異常環境變化狀況下，就能鑑往知來，掌握害蟲動態。

一、以東方果實蠅密度監測工作為例：

此工作執行以來已累積多年資料，依據密度監測資料、地理位置及寄主產銷資訊，作為實施果實蠅共同防治之策略，由歷史資料可歸納出動態變化趨勢。

1.依近五年之監測密度動態：

根據歷年之監測資料歸納臺灣本島整體果實蠅密度消長，可分為 4 個時期(圖 3)：

(1) **低密度期 (1~3 月)－ 綠色線**

由於低溫及持續之防治，此期果實蠅密度均處於低密度狀態，最低密度出現於 1 月中旬 (14.5 隻/旬)，亦恰為全島平均氣溫最低之時期。 2 月中旬後，氣溫逐漸回升，果實蠅密度亦逐漸增加，但尚處於低密度狀態，防治策略為維持常態性之誘殺工作。

(2) **密度上升期 (4~5 月) – 黃色線**
春季氣候適宜且正值許多寄主水果 (蓮霧、桃子、番石榴、梨及檬果等) 之產期，因食物來源無虞，族群增加速率為全年中最快的時期。本階段屬防治重點時期，除持續督促農民進行常態性的誘殺，亦必須迅速壓制高密度地區之果實蠅族群。

(3) **穩定增長期 (6~10 月) – 紅色線**
由於食物供應充裕及溫度適合繁衍，此時期之果實蠅族群雖受颱風及雨季影響，不再大幅上升，但仍保持高密度並持續增長。為減輕果實蠅為害，以密集的防治壓制其增長為本階段之工作重點。

(4) **密度下降期 (11~12 月) – 藍色線**
此階段之初期，果實蠅密度仍維持平穩， 10 月後由於寄主作物減少及環境溫度下降，大部份縣市之果實蠅密度均開始下降，惟常態性之防治仍屬必要，如懸掛誘殺資材。

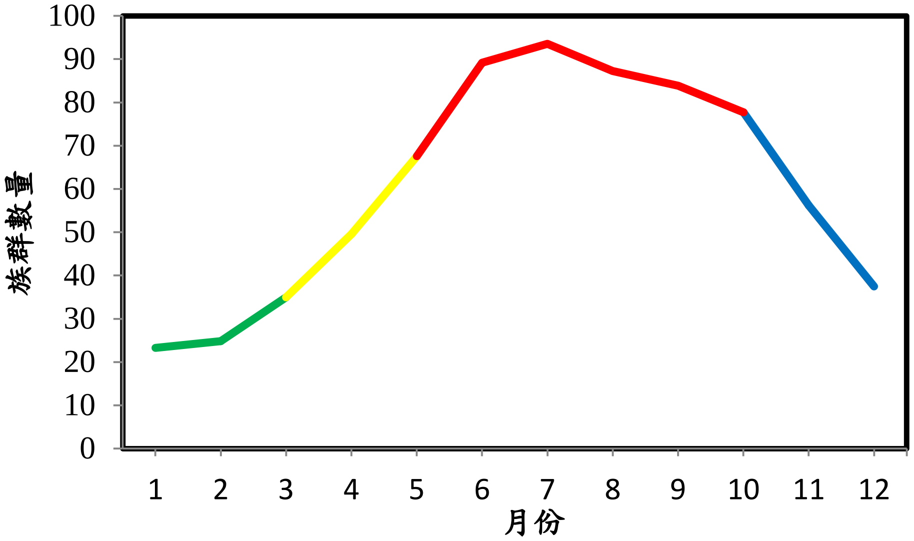


圖 3. 依據歷年密度監測資料，果實蠅全年密度消長趨勢。

各個時期應實施不同的防治策略，可以讓有限的防治資材發揮更大效用。雖每一階段之臨界期依地區、作物及氣候之影響，略有變動。

2. 依地理位置及作物差異：

以氣候型變化作為區隔，依密度指標顏色劃分 (圖 4)：

(1) 依歷史資料顯示，果實蠅密度分布以彰化、嘉義、臺南、高雄及屏東等縣市之年平均密度較高。除 12 月至翌年 2 月受低溫影響外，彰化及高雄二縣市果實蠅一直維持高而穩定之密度，這與該等地區全年生產番石榴及季節性印度棗有關 (陳等，1996)。尤其以 4~5 月份因番石榴價格低而暫採粗放管理，造成果實蠅大量繁衍，密度幾達全年之最高點。

(2) 依近 5 年年監測資料顯示，果實蠅密度分布現況以彰化、嘉義、臺南、高雄及屏東等縣市之年平均密度較高 (藍色及黃色區域)。除 12 月至翌年 2 月受低溫影響密度略為降低外，彰化及高雄二縣市果實蠅一直維持高而穩定之密度，這與該等地區全年生產番石榴及季節性印度棗有關。屏東縣果

實蠅密度消長則為典型之隨水果產期而起伏的季節性變動，該縣主要水果為蓮霧 (約佔全國 46%) 及檬果 (約佔全國 34%)，2 月份起即因蓮霧之生產以及氣溫回升，而使果實蠅密度呈線性增長，至 6–8 月檬果採收期後則逐漸下降。臺南市同屬果實蠅密度較高之地區， 5–8 月檬果及龍眼採收期果實蠅密度達到高峰，且誘蟲數持續維持在 100(隻/旬) 以上，直到 11 月才有減緩趨勢。

(3) 依氣候型潛在地理分布及地理位置分別分析，不同顏色等級風險呈現分布如圖 5，依據我國近 30 年平均氣候溫度資料，以生物氣候模式評估果實蠅其潛在地理分布圖，得知西部地區及花東縱谷區具有非常適合果實蠅生存之趨勢，顯見藍色及黃色區域，具有嚴鉅之危害風險程度，若加上寄主作物分布將更明顯看出其危害熱點分布。

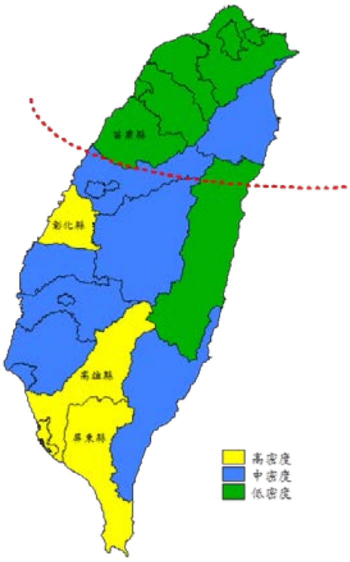


圖 4. 依近年來監測密度高低之果實蠅族群分布圖。

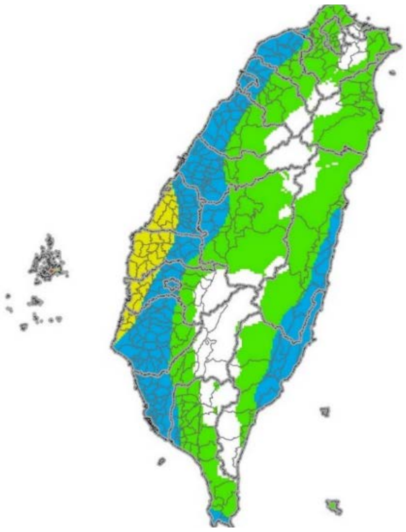


圖 5. 東方果實蠅在臺灣之潛在地理分布。

二、 以彰雲嘉南三種蛾類害蟲監測為例，由歷年收集之蛾類密度變化，可推估害蟲密度高風險時期，作為事先預防之參考資訊。

1. **歷年監測密度動態** (圖 6)：

(1)斜紋夜蛾：

6 月開始監測的密度高峰平均密度約 150 隻/陷阱/旬，而後平均密度持續下降至 8 月下旬達低點，9 至 10 月間密度逐漸上升，以 10 月下旬的密度值較高。

(2)甜菜夜蛾：

監測初期密度稍高，而後緩慢下降，9 月上旬平均密度持續回升，至 11 月中旬上升至密度高峰。

(3)番茄夜蛾：

6 月上旬監測初期平均密度低於 10 隻 /陷阱/旬以下，至 9 月間監測密度均維持低水平，平均密度於 10 月上旬開始上升持續至 11 月中旬。

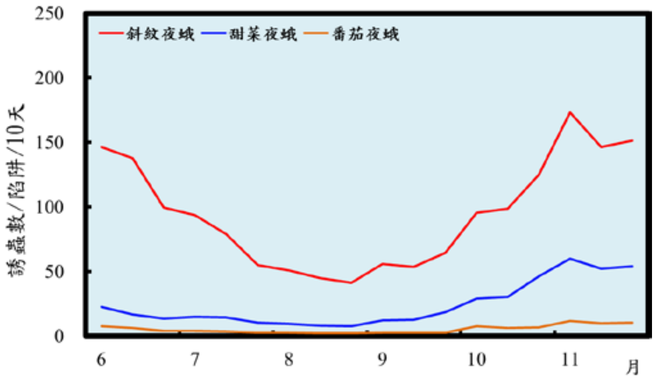


圖 6. 三種夜蛾害蟲歷年密度消長。

2. **歷年斜紋夜蛾密度消長資料**

經計算旬增殖率後，發現不同年度之增殖率變化情形呈現相同趨勢，於 9 月 23 日至 10 月 3 日間增殖率大幅增加，此即為其成蟲密度在二期作後期大幅竄升的關鍵時間點。配合本蟲基本生態資料推估，此期間大幅增加之成蟲所繁衍的幼蟲於 10 月下旬將發育至 4~5 齡，由於數量多且食量大，易造成農作損失。

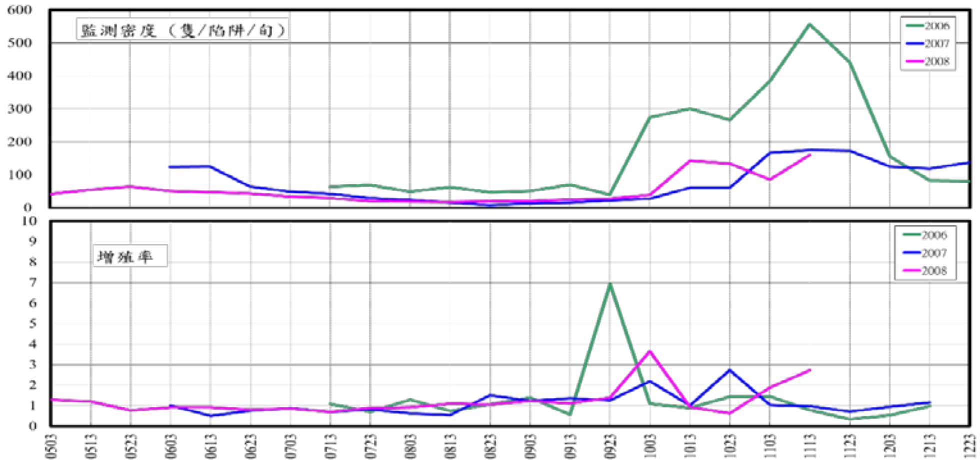


圖 7. 斜紋夜蛾旬密度及旬增殖率。

掌握疫情

由於環境氣候因子影響作物的成長，也影響農業害蟲之族群增長，再加上害蟲與寄主作物間之營養取食關係 (圖 8)，形成了農業害蟲疫情擴散與控制之運用手段。氣候適合發育生長時，且寄主食物供應充裕，害蟲危害疫情很難掌握，極有可能疫情大爆發。若極端氣候影響農作物生長，農業害蟲因食物品質不佳且須克服惡劣之氣候條件，此時族群增長則呈不穩定狀態，因此密度監測工作就扮演相當大之角色。

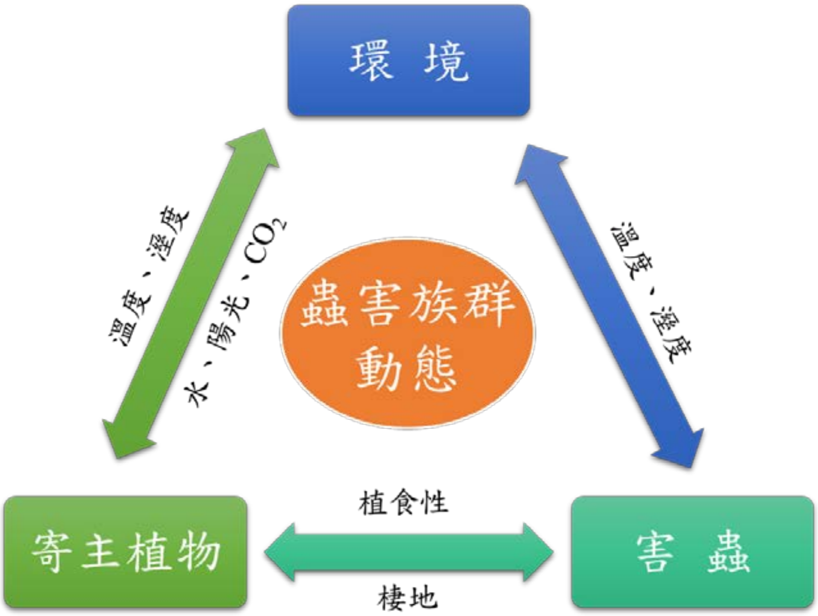


圖 8. 害蟲、寄主植物及環境三者間之關係。

藉由長期監測害蟲動態，可了解害蟲可能發生季節變化之情形，若能結合其寄主作物之栽培生長期，除了對害蟲動態變化發布預警，亦能藉此洞悉疫情風險分布地區，對於後續害蟲防除工作即能完全掌握疫情。以東方果實蠅共同防治工作，農委員動植物防疫檢疫局配合全國性果實蠅密度監測調查，藉由農情及疫情之管理，對於防治工作才易達到事半功倍之效。密度監測網絡之設置，可讓實際從事地區性防檢疫工作人員，透過這些資訊進而調整相關防治工作。

就我國果樹栽培面積及歷年果實蠅發生疫情資料，分析高風險地區之疫情，評估方式有 (1) 果樹栽培種類：可由農糧署所彙整之 103 年各縣市轄區果樹栽培面積，總計約 14 萬公頃 (已扣除檳榔及椰子)，由栽培面積比重大小，可看出地區鄉鎮受到果實蠅危害之風險及疫情擴散，管理者藉以規劃防治資材分配比重。果品所占比重及產期產量之資訊，可藉此了解哪個地區其果品及採收時期最有可能造成果實蠅疫災之風險。 (2) 果實蠅之族群動態：藉由長期收集地區性果實蠅族群監測資料，可有效掌握近期果實蠅動態，配合防治資材之取得，採取強有力之防治措施 (蘇等, 2003)，藉由兩者評估，才能正確推估疫情之發展。

決策及防治曆擬定

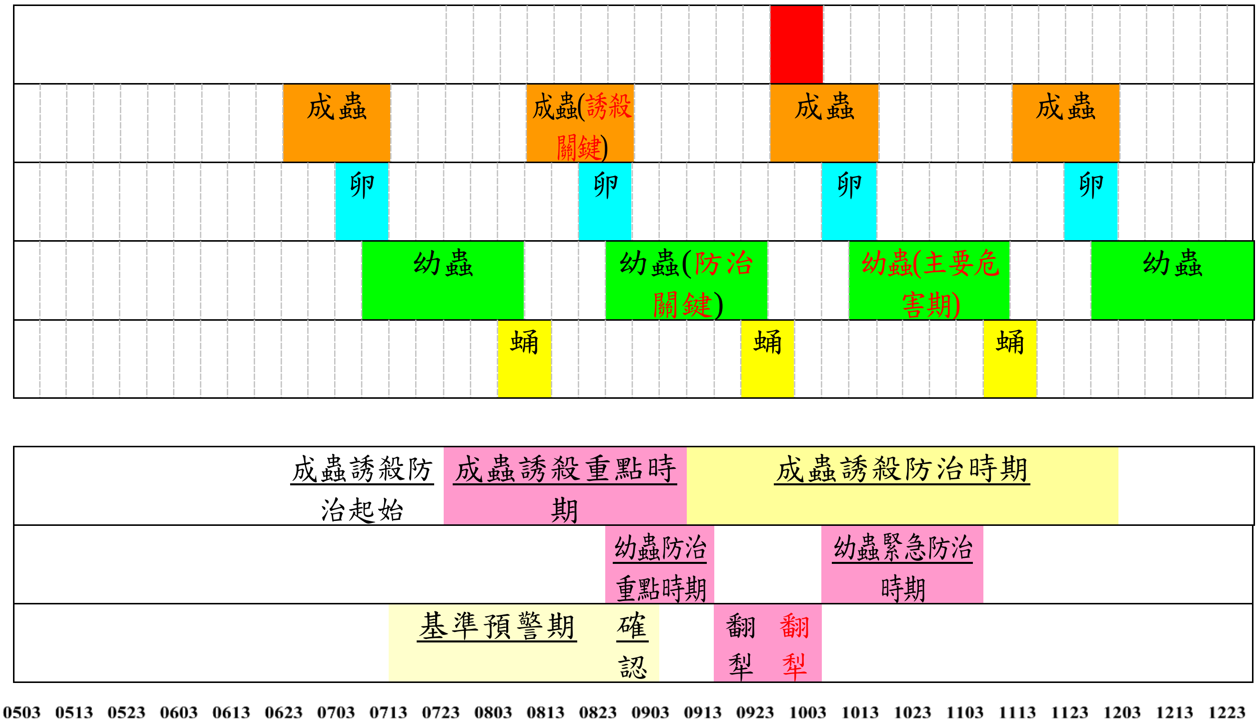
調查害蟲田間發生動態，藉由分析不同地區不同時間消長狀況，可作為防治措施進行時機之參考。這些資訊上可依受害程度或族群數量水平作為採取之手段有：

1. 不須採取防治 (Do nothing)；
2. 採取防治策略依施用程度有防除 (Prevention)；壓制 (Suppression)；根絕 (Eradication)；
3. 化學防治是否要使用：考量生產成本，擬定合理用藥策略，藉由不同類型藥劑搭配運用及輪用不同機制藥劑，加強防治效果並延緩抗藥性產生。
4. 依害蟲發展趨勢訂定防治曆。以彰雲嘉南地區斜紋夜蛾防治曆為例 (表 1)，建議最遲於 6 月下旬起進行斜紋夜蛾性費洛蒙誘殺持續至 11 月；於 8 月底至 9 月底期間加強幼蟲藥劑防治； 10 月中旬前完成綠肥翻埋作業；

10 月上中旬期間密切監控田間幼蟲發生數量，必要時進行緊急藥劑防治，以避免蟲害發生影響作物生產。

5. 整合性蟲害管理 (Integrated Pest Management)：在環境友善及經濟閥界考量之下，整合多種防治技術，控制害蟲族群發展及危害。
6. 實施區域共同防治 (Area-wide control) 及全島共同防治 (Island- wide control)。

表 1. 雲嘉南地區斜紋夜蛾年度防治曆 (5~12 月)



監測資料應用

一、 依據定期害蟲監測情，每年定期提供疫情資料

1. 協助防檢局重要蔬果害蟲疫情網絡 (83 站)：由蔬果產地農會、鄉鎮區公所及合作社場所協助，提供農民當地蟲害疫情及分布。給予在地蟲害動態資訊及防治建議，應用於農民產銷組織集會時，適時宣導疫情及反應。除了進行蟲害密度監測及診斷服務工作，
2. 近年配合重要果樹害蟲產區之區域防治及協助斜紋夜蛾大面積監測工作，由參與農會及本所協助設置之密度監測網，已於嘉義縣梅山鄉 (蓮霧)、大林鎮 (甜橙)、番路鄉 (柿子)、中埔鄉 (番石榴及絲瓜)、雲林縣崙背鄉 (洋香瓜)、二崙鄉 (西瓜)、彰化縣二林鎮 (蘆筍) 等 7 個鄉鎮及澎湖縣瓜果產區，實施整體監測與防治多年，對於蟲害防治效果頗多貢獻。
3. 提供農糧署休耕或活化休耕生產專區，進行重要夜蛾類疫情流行通報機制(57 站)：於二期作 (6~11 月) 提供本會農糧署及防檢局活化休耕地及特用作物害蟲危害監測數據，列為休耕政策執行翻犁或蟲害管理之參考資料。

二、建立重要蔬果害蟲密度監測及危害診斷資料庫：

建立全臺重要害蟲密度及空間分布之電子化圖資資料庫，累積自民國 83 年 (1994) 以來，長期資料已建置 720 組歷年重要害蟲密度變動資料，及蔬果產地已累計達 648,000 筆地區性害蟲田間監測資料，提供研究單位進行長期物種生態調查或物種多樣性之研究題材。此外本項資料已做為臺灣大學及中興大學昆蟲系列入作為害蟲變動模式之探討及因子影響差異性比較。害蟲密度監測資料，與本所農化組進行介接，提供完整土地覆蓋物、氣候災害及病蟲害風險推估，俾利 E 化工作-農民田間管理之防護作業推播服務之推展。

三、收集大量國內氣候資料及下載全球氣候變遷情境資料：

結合資訊平臺害蟲積溫模式推估，探討氣候變遷對病蟲害或糧食安全之衝擊與風險評估作業。以 CLIMEX 生態氣候模式建置害蟲潛在地理分布，完整呈現國內害蟲潛在地理分布風險，同時可作為評估對入侵害蟲或天敵引進之潛在地理空間分布，已提供防檢疫單位對外談判或政策之依據。

未來展望

一、 **氣候空間資訊整合**：

由於一般地理空間內插模式 (如 IDW、Kriging 等) 通常無法充分反映地形環境等因素對氣候的影響，因此，需將空間內插後之氣候資料，利用本所農業化學組已開發 PRISM 完成之統計成果為基礎進行氣候資料的校正，介接中央氣象局資料開放平臺 (http://opendata.cwb.gov.tw/index.htm) 分析氣象資料加值化利用，收集 Open Data 所提供資料之內容，找出介接之資料集項目及內容，並針對 Open Data 平臺所發布之 XML 檔案進行資料結構分析。將儲存至系統平臺之氣候資料進行氣候測站空間化，並依序將全臺地區氣候測站點之每日各項即時氣候資料利用 GIS 進行空間內插，取得連續性氣候網格資料。經換算後之蟲害網格資料屬可交換及介接屬性，將可結合氣象災害防護預警及國土農作物土地覆蓋物圖層，做為我國國土土地利用之相關資料庫。

二、資訊平臺整合：

連結應動組同仁內部蟲害監測技術資料及數位影像資訊，達到蟲害動態資訊與診斷鑑定合而為一，俾利使用者於害蟲資訊平臺搜尋量化蟲害動態資料及為害特徵資訊。諮詢平臺的整合與資料加值化為本年度著手整合蟲害監測及預警資訊平臺連接蟲害診斷系統，主要提供一般農民、農企業使用者及國內研究人員使用，包含蟲害風險預警查詢、害蟲世代變化查詢、重要害蟲監測資料查詢、害蟲資料報表下載及資料交換專區等功能 (http://61.222.245.129/PestWarning/Climex)。

三、**資通技術 (Information Communicate Technique) 的應用：**

國內已有研究開發利用自動化感測裝置 (WSN) 系統連續監測的特性，有助於我們即時瞭解害蟲包括族群密度、空間分布、棲息地及遷移等特性及其相互間的關聯性，可增加防治的效能。資通訊服務導入害蟲監測標準作業流程及數化影像診斷結合，有助於未來系統資料整合與連結，為農業害蟲知識庫平臺之基礎架構。除了運用於害蟲防治外，因訊息快速，可協助瞭解並解決許多昆蟲等生態上的許多問題。因網路的應用蓬勃發展，相信未來會有更多架構於網

路上之智慧型資訊系統被開發出來，客製化依需求使用即時或是歷史的資訊。

結論

農試所為有效掌握害蟲之動態資訊方式，乃利用地理資訊系統套裝軟體，於全國至少 60 個鄉鎮及彰雲嘉南特定旱作區設置密度監測站，並依所採集之蟲體，以一定密度指標作為分級管理之策略性行動。每旬所收集資料顯示可知平面上各測定點之相對位置，藉由密度資料之輸入及設定圖例顏色變化，套入數位地圖，即可以展現當期各測定點之位置及指標顏色差異。由顏色變化亦得知害蟲族群在鄰近地區蠢蠢欲動。除了疫情監測調查外，另因應個別產區發生之疫情，執行專案研究，藉由組織農民進行自主監測、擬定防治策略、提供防治資材進行區域示範等工作，指導農民有效管理，以降低農損，提升收益。

建立我國重要蔬果害蟲之地理分布及密度監測資料，可完整有效掌握空間上族群動態及作物被害風險，提供整體共同防治之參考，掌握疫情可讓資材有效利用，大幅提高之防治效能，降低化學農藥之作物生產成本。另結合完整地理定位點之資訊，迅速掌握蟲害空間及寄主水果分布，可藉此評估蟲害發生及損害風險之機率，提升整體防治效能。除此之外，藉由資訊傳遞，讓各相關單位及時掌握最新疫情，以便採取有效防治手段，同時提供中央及地方共同檢討修正防治策略。比較各防治區執行效率之優劣外，對於防治資材分配之公平性、效益性及機動性，均能客觀地加以評估。

引用文獻

陳秋男、鄭允、黃毓斌、高靜華、蘇文瀛。1996。東方果實蠅族群變動與寄主水果產量之關係。植物保護學會會刊 38:149-166。

蘇文瀛、陳秋男、鄭允、黃毓斌。2003。臺灣東方果實蠅族群之地理分布及統計預測。植物保護管理永續發展研討會專刊。第 67-110 頁。中華植物保護學會。臺中。臺灣。356 頁。

Hong, S. C., R. D. Magarey, D. M. Borchert, R. I. Vargas, and S. K. Souder. 2015. Site-specific temporal and spatial validation of a generic plant pest forecast system with observations of Bactrocera dorsalis (oriental fruit fly). NeoBiota 27: 37–67. doi: 10.3897/neobiota.27.5177.